AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS EROSIVOS, SEDIMENTOLÓGICOS E DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CAPIVARI - SP

Adriana Midori NAKANISHI [1]
Isabel UTIMURA [2]

RESUMO

Esse trabalho visa oferecer métodos que permitam diagnosticar a fragilidade potencial à erosão em bacias hidrográficas, além de difundir uma nova concepção da importância da integração da informação ao planejamento da área.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi escolhida como área de estudo a bacia hidrográfica do Capivari, que por sua vez, integra a bacia hidrográfica do Capivari-Monos-SP. Está localizada entre as coordenadas UTM 322000X7345250 e 326700X7353300, e possui aproximadamente uma área de 18,5 Km² e perímetro de 25,9 Km.

A escolha da bacia do Capivari teve como critério de seleção a representatividade das condições locais do meio físico natural, considerando o seu elevado grau de preservação e também visando uma avaliação da influência da declividade, uso e cobertura vegetal do terreno sobre a magnitude dos processos erosivos.

Considerou-se que a erosão e a sedimentação em bacias hidrográficas representam resultantes dos processos da dinâmica superficial, em que se encontram inseridos a geologia, a geomorfologia, a pedologia, a cobertura vegetal e o uso do solo, relacionados com os fatores hidrológicos como a pluviosidade e a densidade de drenagem.

Nesta área de estudo, a susceptibilidade do meio físico aos processos erosivos é analisada com base teórico-metodológica na proposição de ROSS (1994) intitulada “Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados”, que consiste no estudo integrado e classificação dos elementos componentes do sistema ambiental de acordo com o seu grau de fragilidade.

Muitos trabalhos têm mostrado que os fatores físicos como a morfometria, a pedologia e a cobertura vegetal exercem controle decisivo no potencial hidrológico das bacias e nas características ambientais da região. A morfometria será avaliada através do fator topográfico, do índice de circularidade e da taxa de relevo, fatores que possuem alta correlação com o escoamento pluvial e com o potencial hidrológico, indicando as áreas com maior capacidade de escoamento superficial e, portanto, com maior susceptibilidade à erosão.

Na expectativa de avaliar os efeitos dos processos erosivos, em parte nos cursos d’água, foram analisados alguns parâmetros físico-químicos de qualidade referentes à cor, turbidez e sólidos em suspensão em sete canais de drenagem, além de algumas de suas características hidráulicas como a velocidade de fluxo superficial e variação do nível d’ água.

A concentração da fração sólido em suspensão volátil (SSV) foi escolhida para conhecer a distribuição e concentração das partículas em relação ao tamanho (sólido em suspensão) e à natureza (voláteis ou orgânicos). A concentração dos sólidos em suspensão fixos (SSF) para conhecer a distribuição das partículas em relação ao tamanho (sólido em suspensão) e

[1] Universidade de São Paulo, Graduanda em Geografia, drimin11@yahoo.com.br
[2] Universidade de São Paulo, Pós-Graduanda em Geografia Física, utimura@usp.br

à sua natureza (fixos ou minerais). E a determinação das frações sólida em suspensão total (SST) visa o reconhecimento dos níveis de concentração de todas as frações de sólidos dissolvidos nos respectivos trechos de amostragem.

Priorizou-se analisar a concentração dos materiais em suspensão na expectativa destes serem produzidos fundamentalmente por processos erosionais, e que por sua vez, contemplam os fatores chuva, cobertura vegetal, declividade, escoamento superficial e o uso do solo na bacia hidrográfica.

Espera-se com os resultados da análise das características físicas e de uso da bacia, quando integrado às análises de água, que a susceptibilidade potencial à erosão da bacia é controlada:

a. pelas condições de chuva, índices de declividade das vertentes e a proteção dada ao solo pela cobertura vegetal, fatores preponderantes à magnitude do transporte de material em suspensão através do *runoff*;

b. e que a distribuição longitudinal da concentração de material em suspensão ao longo do rio principal, o Capivari, é determinada principalmente pela morfometria da bacia hidrográfica e pela velocidade do fluxo.

INTRODUÇÃO

Os distritos de Parelheiros e Marsilac, localizados na porção sul do município de São Paulo, a partir de 2001, passam a ter seus limites e sua forma de gestão estabelecidos para criação de uma área de interesse especial, a Área de Proteção Ambiental – APA Municipal do Capivari-Monos. Desde então, o grande desafio que se coloca é a efetivação da função de uma APA: preservação, recuperação e melhoria de vida das populações locais.

A importância da bacia do Capivari-Monos deve-se à sua capacidade potencial de fornecedora de água potável para Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), pois abriga dois rios efetivamente limpos, além de remanescente da Mata Atlântica.

A APA carece essencialmente de informações do seu meio físico e de sua dinâmica. Entre os fatores determinantes ao planejamento que contemple tanto a conservação ambiental como a melhor adequação a ocupações e usos dos recursos naturais, destaca-se o diagnóstico ambiental. Este estudo compreende várias etapas, que vão desde o levantamento de dados do meio físico, interpretação de seus atributos, a sua correlação sistêmica, até o método de avaliação da área.

Para o desenvolvimento deste estudo, alguns paradigmas fundamentais foram incorporados: a importância da escala temporal, a visão sistêmica do ambiente, a adoção da bacia hidrográfica como unidade ideal aos estudos dos processos geomorfológicos, as concepções da geomorfologia fluvial associadas às características morfométricas, hidrológicas e hidrossedimentológicas inerente à bacia de drenagem, e os avanços tecnológicos no âmbito da ciência geográfica em relação ao geoprocessamento, sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas.

MÉTODOS e TÉCNICAS

Com base nessa premissa, foram elaborados métodos de investigação de alcance para qualquer bacia hidrográfica, desenvolvida em duas etapas principais: análise quantitativa da concentração de sedimentos em suspensão em alguns canais de drenagem, e a avaliação das características da bacia através de parâmetros morfométricos e combinação de mapas temáticos, apoiada em técnicas de geoprocessamento.

A figura 1 apresenta a localização da bacia hidrográfica deste estudo e os respectivos pontos de amostragem de água.

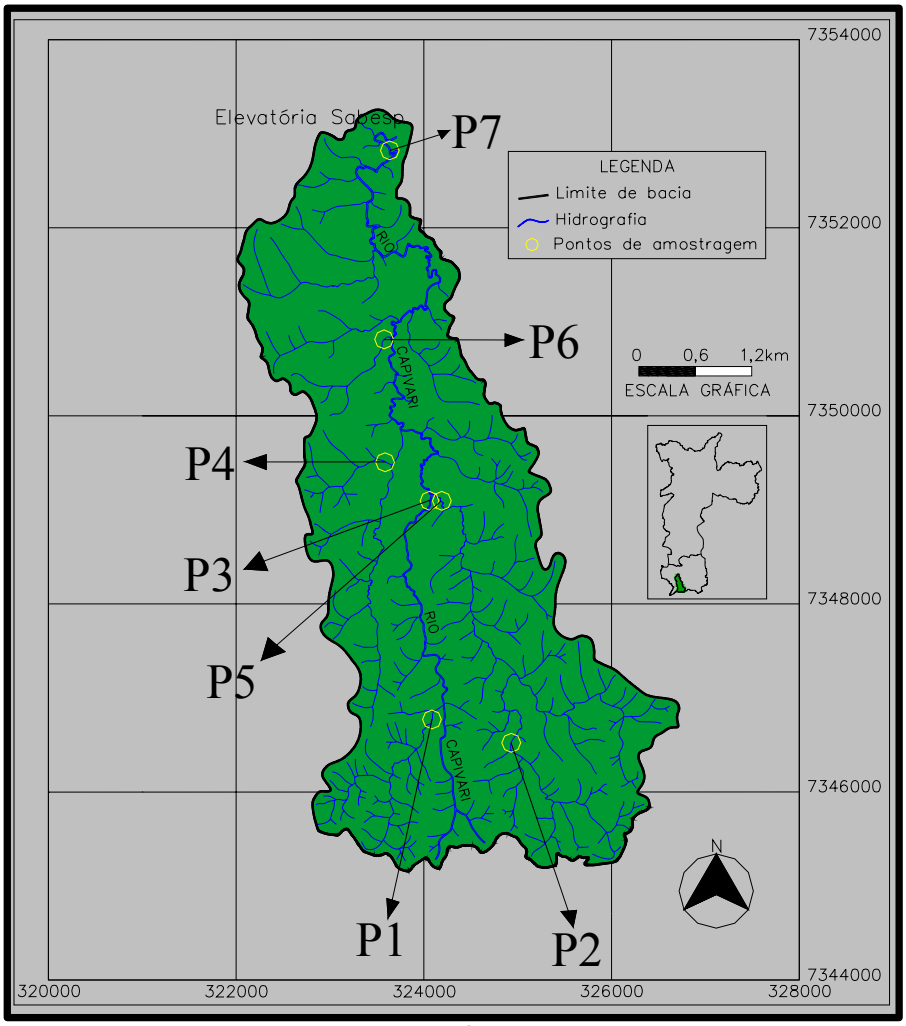

Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica do Capivari e dos pontos de amostragem.

O relevo e a declividade são avaliados sob enfoque de proteção da morfologia de superfície e o impacto na hidrologia, já que esses fatores influem diretamente no escoamento superficial e no transporte de sedimentos. As informações apropriadas sobre altimetria e declividade são derivadas do Modelo Digital de Elevação (MDE), através da tecnologia SIG, e apresentadas respectivamente sob forma da carta hipsométrica e clinográfica.

As variáveis fisiográficas e hidrológicas da bacia, que influenciam nas características morfométricas e nos valores dos outros índices, foram relacionadas com a litologia, com os elementos pedológicos e comportamento hidrológico local, principalmente quanto ao controle da permeabilidade e infiltração.

A cobertura vegetal consiste em ser um dos elementos mais vulneráveis em um sistema ambiental. As alterações no comportamento espectral da vegetação, em função dos processos naturais ou antrópicos podem ser devidamente identificadas e mapeadas através de técnicas utilizadas no processamento digital de imagens orbitais. O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) é utilizado para determinação da quantidade de biomassa verde, e segundo ROUSE *et.al.* (1974) configura-se como o mais adequado para regiões montanhosas e com cobertura vegetal contínua.

A combinação dos mapas temáticos, segundo proposição de ROSA & ROSS (1999), pressupõe a classificação das variáveis espaciais (relevo, declividade, solo e cobertura vegetal) de acordo com seu grau de fragilidade. O produto do cruzamento de tema é uma

Carta de Fragilidade Síntese, contendo a classificação qualitativa da área de estudo, segundo a conceituação de ROSS (1994) em Fragilidade Potencial e Emergente.

PORTO (1991) afirma que o conhecimento dos sólidos dissolvidos totais em águas naturais pode dar idéia das taxas de desgaste das rochas por intemperismo.

As concentrações de sólidos dissolvidos, como os orgânicos (voláteis) e os sólidos minerais (fixos), influenciam o parâmetro cor, principalmente pelo comportamento do material em estado coloidal orgânico e inorgânico, que absorve parte da radiação eletromagnética. A determinação da cor é influenciada pela ação da turbidez que também absorve parte da radiação eletromagnética.

A figura 2 apresenta, de forma esquemática, as etapas metodológicas desse trabalho.

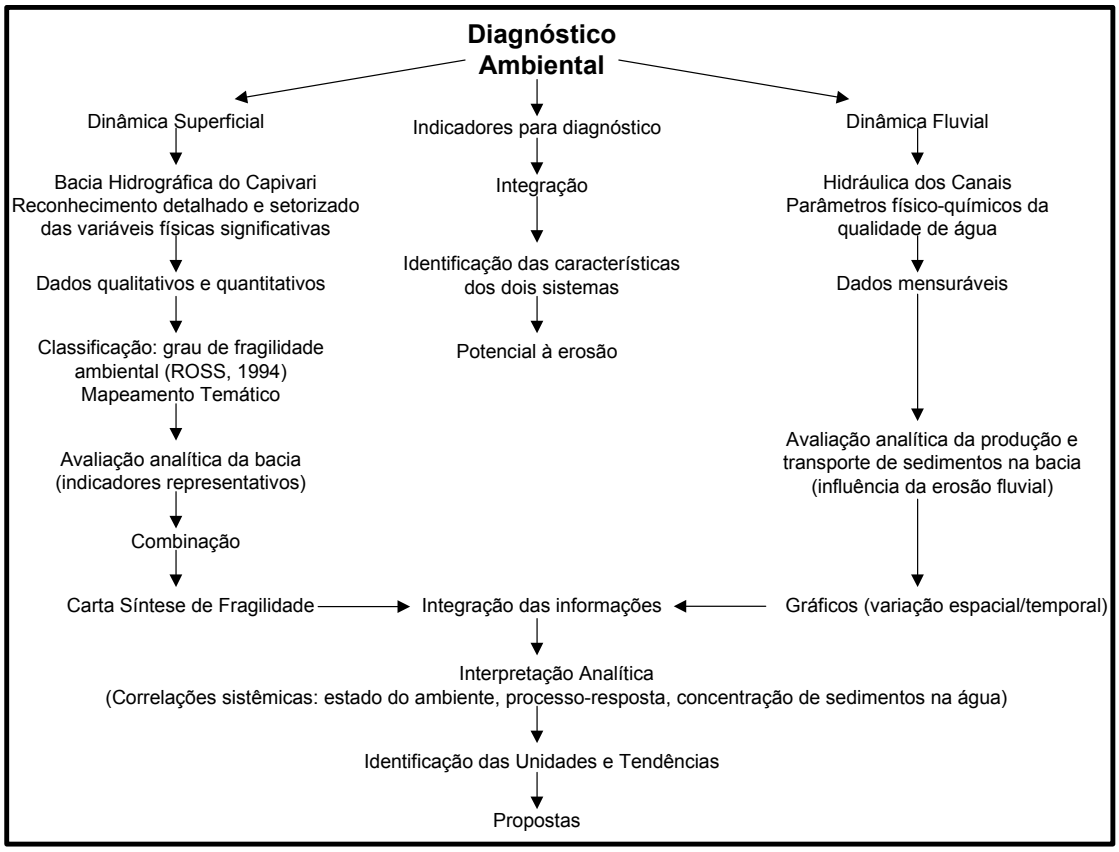

Figura 2. Fluxograma das etapas de trabalho

De forma sintetizada, os métodos seguem essas etapas:

1. Reconhecimento, delimitação da área e dos pontos de amostragem de água: a partir da carta topográfica (1:10000) da região, de uso e ocupação do solo, além de fotografias aéreas, imagem orbital e visitas ao local, foi possível estabelecer as áreas mais representativas e diferenciadas fisiograficamente e identificar as possibilidades de acesso permanente aos canais de amostragem.

2. Levantamento bibliográfico e cartográfico: constituem o cerne teórico para direcionar e intelectar a análise do meio físico. A bibliografia deve ser concisa e estar contextualizada aos objetivos da pesquisa. Quanto ao material para a geração da base de dados cartográficos, foram utilizados: cartas topográficas, arquivos digitais cartográficos elaborados em projetos desenvolvidos na região, mapa geológico, mapa pedológico, e imagem orbital.

3. Manipulação dos dados e geração de novos produtos em meio SIG: essas etapas compreendem inicialmente a digitalização da base cartográfica, georreferenciamento da

imagem orbital, posteriormente a classificação das categorias de uso e cobertura vegetal, e geração do Modelo Digital de Elevação (DEM), que permite a criação da carta hipsométrica e clinográfica (declividade).

4. Amostragem da água e observação de campo: as freqüências das campanhas estão distribuídas ao longo do ano hidrológico (março de 2004 a março de 2005), mensalmente no período seco (maio a outubro) e semanalmente no chuvoso (novembro a março).

5. Análise laboratorial da água: foram selecionados os parâmetros físico-químicos (cor, turbidez, sólidos em suspensão fixo, voláteis e totais), que caracterizam a concentração de sedimentos e qualidade da água, determinados em laboratório especializado.

6. Criação da carta de fragilidade do terreno: as variáveis temáticas foram classificadas segundo cinco categorias hierárquicas de acordo com sua fragilidade, respectivamente de Muito Fraca a Muito Forte. A carta clinográfica foi classificada em função da declividade, a de solos segundo a erodibilidade em relação ao escoamento superficial difuso e concentrado das águas pluviais, e a de cobertura vegetal segundo sua densidade para proteção dada ao solo. Após esta etapa de classificação, as informações de cada carta foram combinadas, criando um produto cartográfico síntese. Nesta etapa, a utilização do SIG é bastante eficaz, pois permite uma sobreposição rápida e precisa.

7. Interpretação das informações combinadas: reflexão analítica das possíveis relações entre os processos erosivos e sedimentológicos da bacia hidrográfica do Capivari, em função de suas características físicas e do uso do solo da área. Este mapa síntese permite classificar a área de estudo em Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Instáveis com diferentes graus de Instabilidade Potencial e Emergente.

RESULTADOS

Para avaliação da concentração de sedimentos nos canais de amostragem da bacia do Capivari, foram efetuadas medidas de variáveis físicas e químicas (temperatura da água, material em suspensão, cor e turbidez) durante o período de um ano, de março de 2004 a março de 2005. Após as três primeiras amostragens, percebeu-se a importância de realizar medições da velocidade do fluxo, da profundidade, da largura e da variação do nível de água dos canais, isto porque esses fatores alteram significativamente e muitas vezes determinam o grau de concentração de sedimentos suspensos na água.

Os resultados obtidos são apresentados a seguir na forma de gráficos que apresentam a variação temporal dos valores de alguns parâmetros indicadores da qualidade de água no centro e na margem dos canais de amostragem.

As figuras 3 e 4 expressam as variações do parâmetro cor (cor real causada por material dissolvido e colóide) no centro e na margem dos sete canais de amostragem, respectivamente.

As representações das linhas nos dois gráficos ilustram claramente a discrepância entre os máximos obtidos no período de chuva (17/03/2004 e 06/03/2005) e valores extremamente baixos nos meses do período considerado seco. Esse comportamento evidência que a variação dos valores de cor, para todos os canais, acompanhou a sazonalidade do clima.

Tanto para o centro como para a margem, o P7 obteve os maiores valores absolutos de cor em relação aos demais pontos de coleta, e o P4 obteve os menores valores absolutos. Segundo o método adotado para a análise de cor, valores abaixo de 2,5 mgPt/L não são detectados.

Para o ponto 7, o valor foi discrepante dos demais, com 120 mgPt/L no centro, os demais pontos variaram em torno de 10 a 70 mgPt/L.

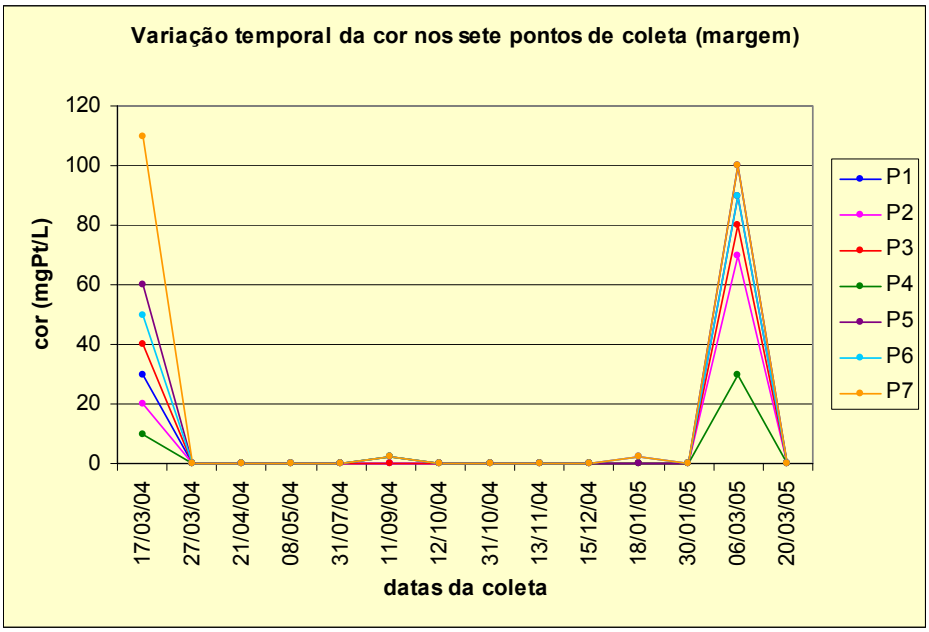

Figura 3. Gráfico de variação da cor (centro) dos sete canais de amostragem.

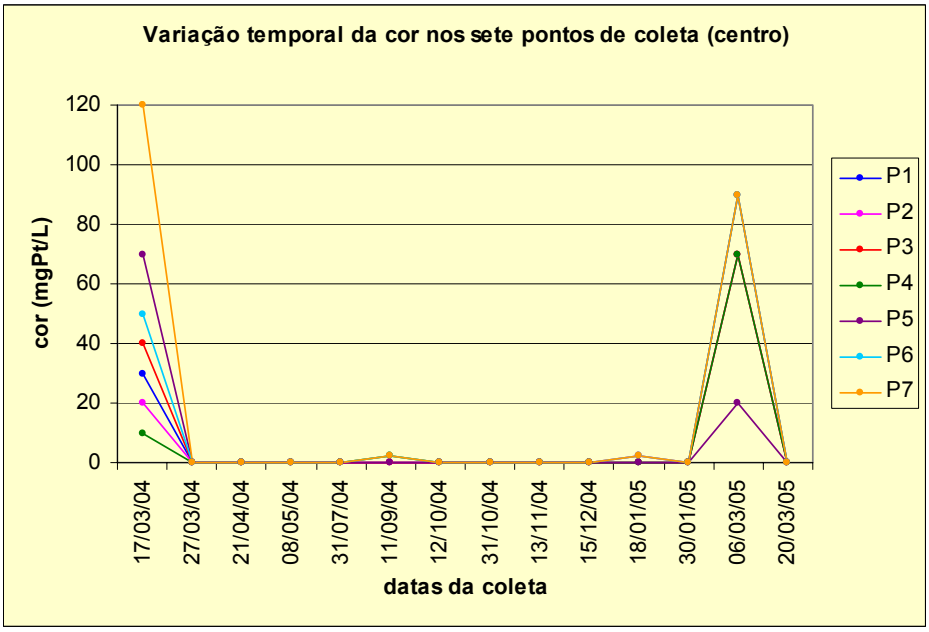

Figura 4. Gráfico de variação da cor (margem) dos sete canais de amostragem.

Do dia 27 de março de 2004 a 30 de janeiro de 2005, os valores de cor foram marcadamente inferiores, não sendo constatados pelo método de análise laboratorial, pois seus valores foram abaixo de 2,5 mgPt/L.

Com a volta das chuvas, no mês de março de 2005, os valores absolutos aumentaram significativamente, até mais de 50% em relação aos máximos obtidos no mês de março do ano anterior.

Assim, o P1, que em março de 2004 apresentou valor absoluto de 30,0 mgPt/L, em março de 2005 aumentou para 100,0 mgPt/L (margem), e respectivamente o P4 com 10,0mgPt/L, aumentou para 70,0mgPt/l (centro).

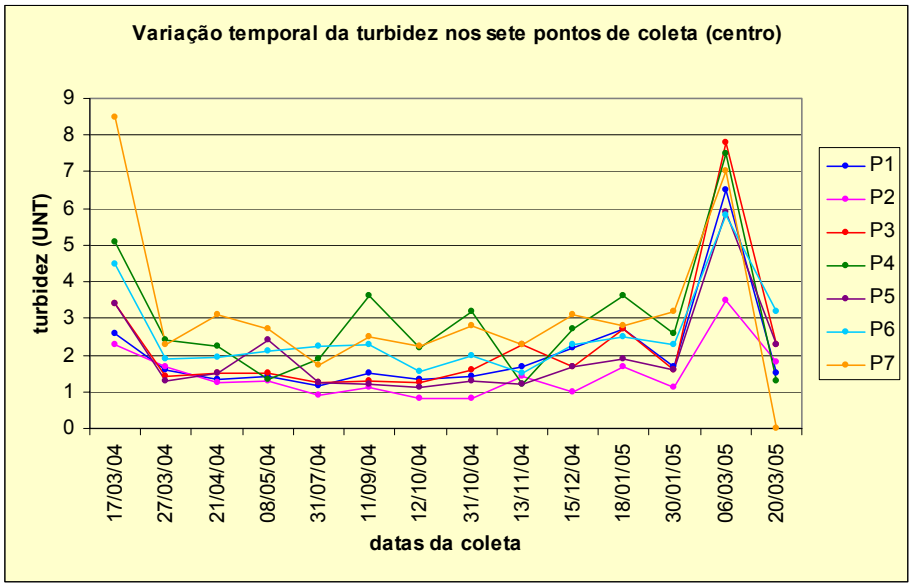

Figura 5. Gráfico de variação da turbidez (centro) dos sete canais de amostragem.

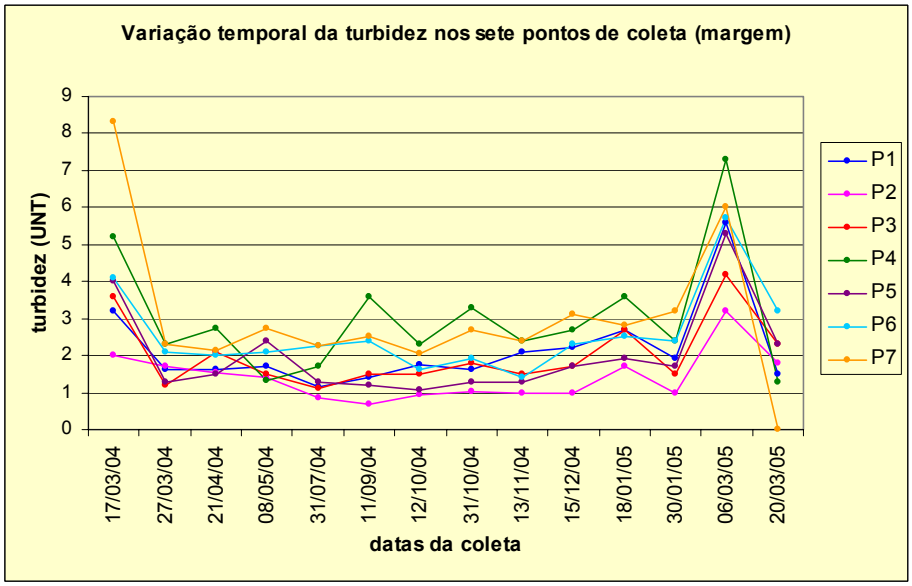

Figura 6. Gráfico de variação da turbidez (margem) dos sete canais de amostragem.

Os gráficos das figuras 5 e 6 representam comparativamente a turbidez dada pela alteração da luz provocada pelo material em suspensão na água, no centro e na margem dos canais, respectivamente.

Assim como ocorreu para o parâmetro cor, verificou-se valores máximos nos meses de março de 2004 e março de 2005, e nos outros meses, as médias para todos os pontos mantiveram inferiores, entre 0,7 e 3,6 UNT.

Os valores mais altos ocorreram para o P7 em março de 2004 e março de 2005, apresentando médias de 8,4 UNT (centro) e 8,3 UNT (margem). E também para o P4 com médias de 5,15 UNT (centro) e 7,14 UNT (margem).

No final de março de 2004 a janeiro de 2005, para totalidade dos sete pontos, predominaram médias inferiores em torno de 1,5 a 3,5 UNT.

A média dos menores valores foi constatada para os pontos P1, P2 e P5, todos com 1,7 UNT, P6 (2,3 UNT), e P3 (2,4 UNT), no centro dos canais. Percebe-se que não houve

amplitude significativa entre os mínimos. Porém, a amplitude entre os máximos do período chuvoso em relação aos mínimos do seco foi de até 7,0 UNT.

A interpretação do gráfico da figura 7, referente a variação dos sólidos em suspensão totais (SST) no centro dos canais, expressa que a distribuição das concentrações de material em suspensão diferenciou-se significativamente no dia 17/03/04 para o dia 27/03/04. Os valores absolutos de SST decresceram quase 50% para todos os pontos, com exceção dos pontos 1 e 5. Nos meses posteriores, os valores de SST diminuíram de forma constante e mantiveram-se inferiores.

Verifica-se um pico para o ponto 7 no dia 21/04/04, porém não houve correlação concomitante deste valor com a cor e turbidez no mesmo dia, deste modo, preliminarmente, este valor é considerado duvidoso.

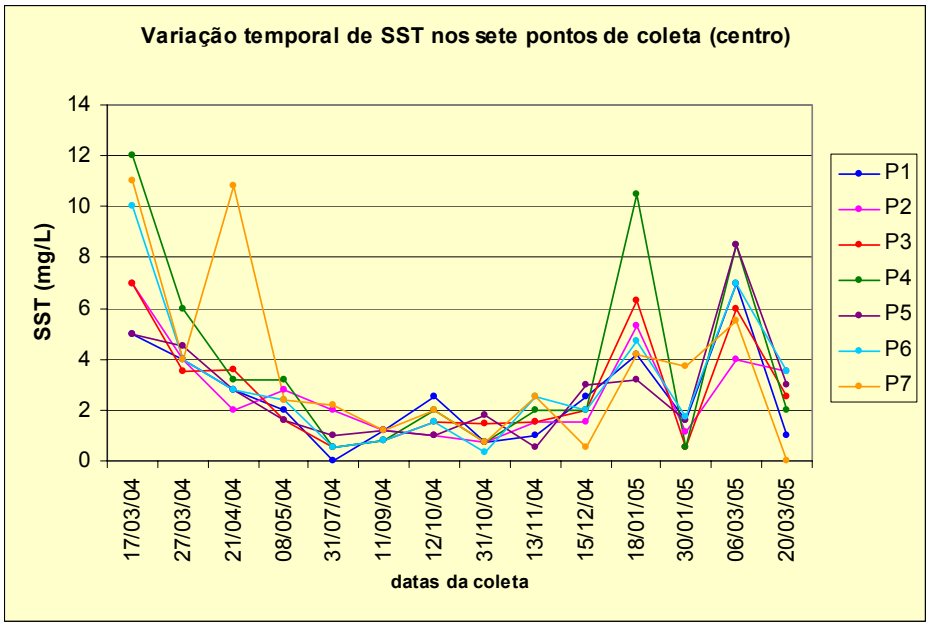

Figura 7. Gráfico de variação de SST (centro) dos sete canais de amostragem.

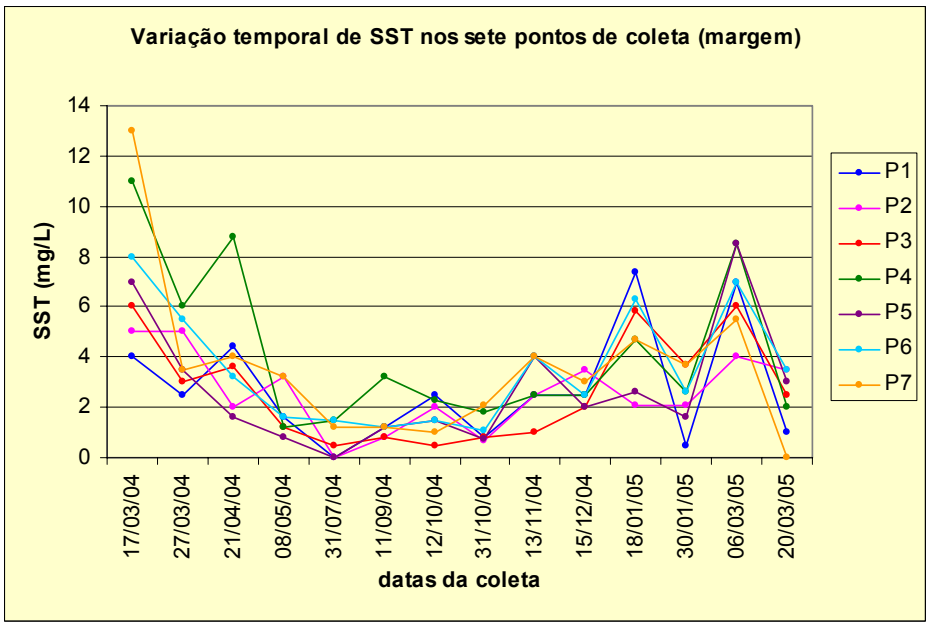

Figura 8. Gráfico de variação de SST (margem) dos sete canais de amostragem.

As maiores concentrações de SST em valor absoluto no centro do canal ocorreu no dia 17/03/04 para o ponto 4 com 12,0 mg/L, seguido pelo ponto 7 com 11,0 mg/L e pelo ponto 6 com 10,0 mg/L. Os demais pontos obtiveram valores entre 5,0 e 7,0 mg/L.

O gráfico da figura 8 apresenta que os maiores valores absolutos de SST nas margens dos canais ocorreram para o ponto 7 com 13,0 mg/L, seguido do ponto 4 com 11,0 mg/L. Os demais pontos apresentaram valores absolutos entre 4,0 e 8,0 mg/L.

A comparação dos gráficos das figuras 7 e 8 evidencia que no período seco não ocorreu variação significante dos valores médios da concentração de SST entre a margem e o centro dos canais de amostragens para o P1, P2, P3, P5 e P6. Os valores médios mais altos obtidos neste período, tanto para o centro como para as margens, ocorreram para o ponto 4 com 2,31 mg/L e 3,54 mg/L, respectivamente, seguido pelo ponto 7 com 2,10 mg/L e 2,43 mg/L. E os menores valores médios foram obtidos para os pontos 1, 2, 3 e 5 em torno de 1,90 mg/L. A amplitude dos valores médios de todos os pontos foi de 2,14 mg/L. Foi ignorado o valor absoluto de 10,8mg/L do ponto 7 no dia 21/04/2004, no gráfico 7, por tratar de um dado duvidoso, como citado anteriormente.

Associou-se à interpretação dos resultados da concentração de SST a variável localização espacial dos canais, onde o P1 e P2 estão próximos a área de cabeceira, e P3, P4, P5, P6 e P7 mais a jusante.

Verificou-se que apesar de alguns valores de SST possuírem resultados brutos com certos níveis de variância, a concentração do material em suspensão aumenta em direção a jusante, fato que permite inferir que também ocorre maior deposição de sedimentos nos canais localizados nessas áreas. Através de medidas da velocidade média do fluxo de superfície do rio, obtiveram-se valores inferiores para os canais localizados a jusante, caráter que acentua a tendência de deposição de sedimentos nessas áreas.

As apreciações quantitativas sobre a concentração de sólidos em suspensão, cor, turbidez, velocidade de fluxo nos canais devem ser consideradas como ordens de grandeza e não prioritariamente como valores absolutos. Neste sentido, preliminarmente, pode-se inferir que o aumento da concentração de SST, da turbidez e da cor é provocado pelas condições de pluviosidade, influenciando diretamente o transporte de material em suspensão durante o escoamento superficial.

Considerando que a cor verdadeira em águas naturais é causada frequentemente por ácidos húmicos e colóides e que apesar da turbidez adicionar cor pela relação de maior ou menor concentração de material em suspensão, no período seco (abril a outubro de 2004) os valores da cor nem chegaram a ser detectados pelo método analítico, talvez pela redução da decomposição da serrapilheira e da matéria orgânica do solo, pela significativa redução do aporte dos sedimentos em suspensão transportado por escoamento superficial ou mesmo pela redução da erosão fluvial.

A relação das concentrações de sólidos em suspensão total (SST) e suas frações orgânicas (SSV) e inorgânicas (SSF) também estão apresentadas nas tabelas 1 e 2.

Na totalidade dos sete canais, os percentuais de SSV foram relativamente mais altos que os relativos ao SSF. Porém, não ocorreram diferenças extremas entre uma fração e outra.

Em geral, os percentuais da fração orgânica representaram 50% a 60% do material em suspensão total, e a fração mineral de 39% a 48%.

Os maiores percentuais de SSV foram obtidos para o P2, localizado na área de cabeceira, ponto mais próximo da nascente do rio Capivari. E também para o P3, localizado no rio Capivari, na porção central da bacia.

Tabela 1: Concentrações médias anual de sólidos em suspensão total (SST) na margem dos sete pontos de coleta de água, e respectivos percentuais das frações orgânicas (SSV) e inorgânicas (SSF).

Pontos de coleta	SST (mg/L)	SSV (%)	SSF (%)
P1	40,5	54,3	45,7
P2	36,4	60,05	39,95
P3	37,4	64,18	39,82
P4	58,59	58,39	41,61
P5	38,04	52,9	47,1
P6	49,49	58,7	41,3
P7	50,11	51,98	48,02

Tabela 2: Concentrações médias anual de sólidos em suspensão total (SST) no centro dos sete pontos de coleta de água, e respectivos percentuais das frações orgânicas (SSV) e inorgânicas (SSF).

Pontos de coleta	SST (mg /L)	SSV (%)	SSF (%)
P1	41,51	51,33	48,67
P2	37,5	60,53	39,47
P3	38,78	62,32	37,68
P4	53,9	50,55	49,45
P5	39,69	47,51	52,49
P6	43,76	51,55	48,45
P7	50,7	46,44	53,56

Com relação aos valores absolutos de SSV, os maiores valores ocorreram no período chuvoso, respectivamente para o P4 (7,3 mg/L) e P7 (6,0mg/L).

O maior valor médio anual de SSV obtido pelo canal do P4 foi de 27,25 mg/L (centro) e de 34,21 mg/L (margem). E o menor valor ocorreu para o P5 de 18,86 mg/L (centro) e 20,14 mg/L (margem).

Os menores valores absolutos de SSV no período seco ocorreram para os canais dos pontos P2, P3, e P5 (0,4 mg/L), seguido pelo P1, P4 (0,5 mg/L), e pelo P6 e P7 (0,8 mg/L).

A média anual dos valores absolutos de SSF para o centro variou de 1,02 a 1,76 mg/L para a totalidade dos canais, com exceção do canal do P7 que alcançou valor de 2,66 gm/L, valor este significantemente mais elevado em relação à média anual de SSV de 1,68 mg/L para o mesmo ponto.

A interpretação dos resultados analíticos dos parâmetros físicos da qualidade de água evidenciou, de modo geral, que ocorre o aumento da concentração de sólidos em suspensão conforme decresce a altitude.

Os pontos P1 e P2, que estão localizados na área de cabeceira do rio Capivari, apresentaram praticamente valores inferiores em todos os parâmetros físicos da água. Já o P4 e P7 a jusante, obtiveram os maiores valores.

Como citado, houve uma tendência de acompanhamento da variação dos resultados em função da sazonalidade climática, onde a tendência foi de registrar maiores valores na

época das chuvas e menores valores na época da estiagem. Em alguns pontos, o decréscimo chegou a ser maior que 50%.

O P2 (maior altitude) e P7 (menor altitude) foram os pontos mais expressivos para elucidar as diferenças que ocorrem na concentração de sólidos suspensos na água em função da localização dos canais no relevo.

O canal do P4 foi expressivo, em relação aos altos valores obtidos para totalidade dos parâmetros físicos da água, evidenciando que não só o fator hipsométrico influencia na concentração de sedimentos. Assim como o P7, que está localizado em área plana e a jusante do P4, apresentou valores semelhantes e até inferiores.

Deste modo, para maior compreensão dos resultados da qualidade da água da bacia do Capivari, é fundamental a correlação com outras características do meio-físico.

O gráfico da figura 9 mostra a variação temporal da velocidade de fluxo superficial nos respectivos trechos de amostragem da água.

Deve-se esclarecer que o início das medições da velocidade ocorreu após três campanhas, pois se julgou necessário o correlacionamento dessa variável aos resultados das análises de água, que não estavam sendo esclarecidas apenas pela relação da localização dos canais no relevo.

Outras observações inerentes ao trabalho de campo também devem ser comentadas:

- No canal do P2 não foi possível mensurar a velocidade, que praticamente mantinha o flutuador estagnado.

- no dia 30 de janeiro de 2005 não foi possível medir a velocidade do P6, devido a problemas técnicos não previstos em campo. Também não foi possível no dia 20 de março de 2003, devido ao elevado nível das águas dos canais do P1 e P4.

Para todos os meses, o P7, localizado no canal hipsometricamente mais baixo de toda a área de estudo, apresentou valores de velocidade significantemente inferior em relação ao P1 (área de cabeceira) e ao P3 (porção central do rio Capivari).

A média anual dos valores obtidos durante os doze meses de medição apresentou máximos para o P3 (32,89 cm/s) e P1 (22,75 cm/s), decréscimo acentuado para o P4 (8,77 cm/s), seguido pelo P5 (3,98 cm/s) e P6 (2,27 cm/s), e mínimo para o P7 (0,73 cm/s).

Esse comportamento evidência a influência da hipsometria e morfologia do relevo para variável velocidade de escoamento fluvial.

No período seco não foi verificado variações significativas para os valores de velocidade, mantendo média anual semelhantes.

Com a volta das chuvas, em março de 2005, a velocidade aumentou em mais de 50% para os canais localizados a montante (P1, P3 e P5) e, inversamente, ocorreu decréscimo significativo para o P6 e o P7.

Neste período, os pontos em que a velocidade sofreu significante acréscimo, concomitantemente, a concentração de sólidos em suspensão total aumentou em níveis significativos, próximos aos máximos alcançados em março do ano anterior.

Assim, o P1, que manteve durante os meses de maio de 2004 a janeiro de 2005 média de velocidade em torno de 22,0 cm/s, manteve valores médios de concentração de SST de 1,96 mg/L. No mês de março de 2005, a velocidade das águas do P1 aumentou para 51,8 cm/s e a concentração de SST aumentou para 7,00 mg/L.

Semelhante relação foi observada para o canal do P3, que apresentava velocidade média das águas no período seco de 31,2 cm/s e média de SST de 1,79 mg/L. No mês de março de 2005, com acréscimo de velocidade para 56,2 cm/s, a concentração de SST aumentou para 6,5 mg/L.

O P5 apresentou acréscimo no valor médio da velocidade que era de 3,69 cm/s, no período seco, para 7,29 cm/s em março de 2005, aumentando os valores médios da concentração de SST, de 1,65 mg/L para 8,5 mg/L.

Para o P6 a relação velocidade e SST foi inversa. Com o aumento da velocidade, os valores da concentração de SST diminuíram. Assim, no período seco, a velocidade média do P6 que era de 2,57 m/s e concentração média de SST de 1,84 mg/L, no período de chuva (março de 2005) a velocidade diminuiu para 1,18 m/s e a concentração de SST aumentou para 7,0 mg/L.

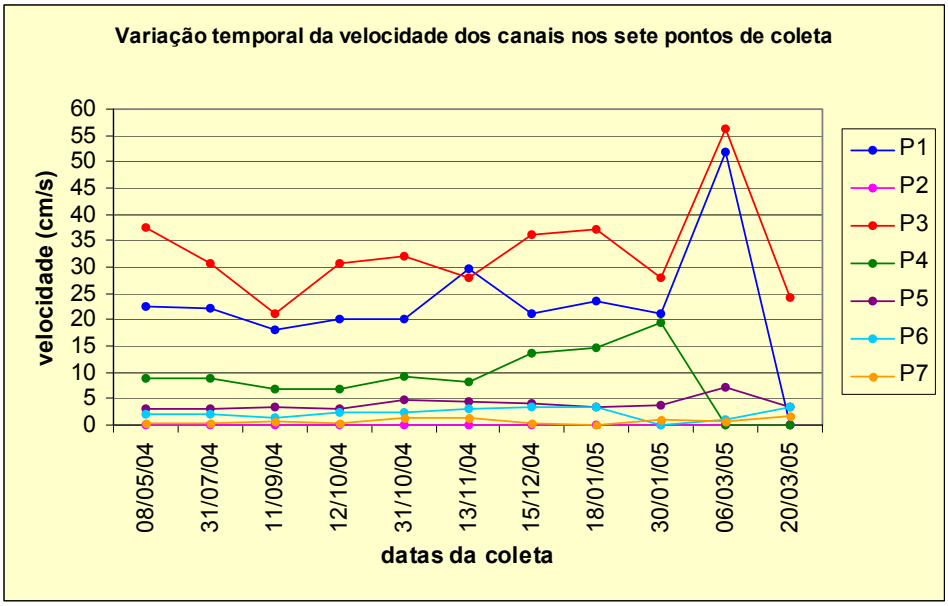

Figura 9. Gráfico da variação temporal da velocidade de fluxo dos sete canais de amostragem.

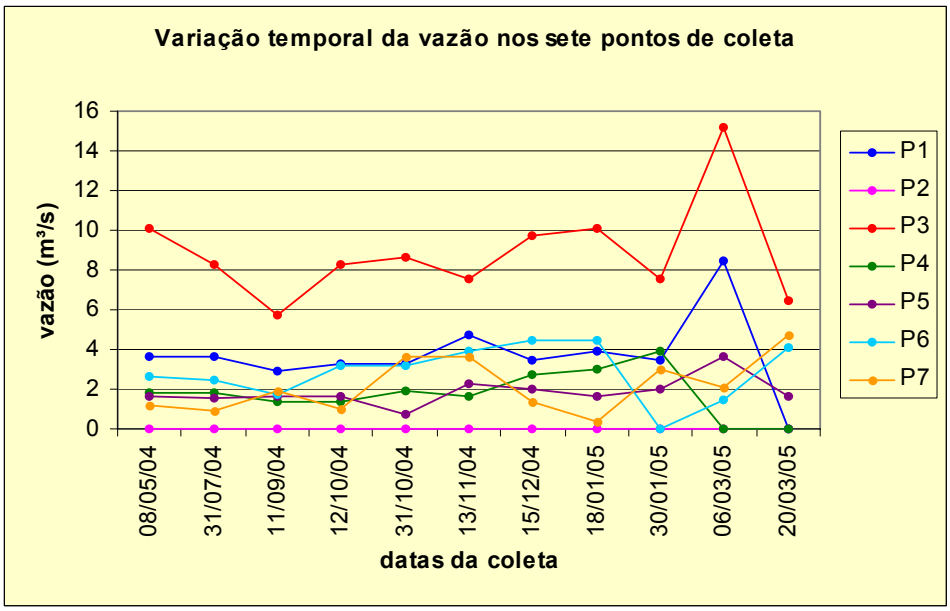

Figura 10. Gráfico da variação temporal da vazão dos canais nos sete pontos de amostragem.

O mesmo ocorreu para o P7, velocidades inferiores e maiores concentrações de SST. No dia 30 de janeiro de 2005 a velocidade era de 1,14 m/s e a concentração de SST de 3,7 mg/L, com o decréscimo da velocidade em março de 2005 para 0,71 m/s, a concentração de SST aumentou para 5,5 mg/L.

Verificou-se que o comportamento da velocidade das águas dos canais referentes aos pontos P1, P3 e P5 seguiu a sazonalidade das chuvas, apresentando valores inferiores no período de seca e acréscimo no de chuva.

Nos canais mais a jusante da bacia, os valores não variaram significativamente de um período a outro, devido às características hipsométricas e morfológicas do relevo, e da própria morfologia dos canais.

O gráfico da figura 10 apresenta a variação temporal da vazão nos sete canais de amostragem.

Comparando os dados de vazão com os valores da velocidade e concentração de SST, verificou-se que nem sempre as variações são concomitantes.

Através das médias anuais obtidas das respectivas variáveis, notou-se que:

- o P1, localizado na área de cabeceira, apresentou velocidade média de 22,75 cm/s, vazão de 3,4 m³/s e SST de 2,96 mg/L;

- o P3, localizado no rio Capivari e na porção central da bacia, apresentou velocidade média e vazão superiores ao P1, respectivamente 32,89 cm/s e 8,86 m³/s, porém na concentração de SST apresentou valor bastante semelhante, de 2,77 mg/L;

- o P4, no entanto, apresentou velocidade de 8,77 cm/s e vazão de 1,77m³/s, valores significantemente inferiores aos do P1 e P3. Já a concentração de SST foi mais elevada, com valor de 3,85 mg/L;

- o P5 apresentou velocidade média mais baixa que os pontos citados, de 3,98 cm/s. Porém, o valor da vazão foi mais elevado (1,86 m³/s) que o P4. A concentração média de SST foi mais elevada (2,83 mg/L) que os obtidos para o P1 e P3, apesar desses possuírem velocidade de até onze vezes maior que o P4;

- o P6 apresentou velocidade mais baixa (2,27 cm/s), porém valor médio da concentração de SST de 3,12 mg/L, valor este mais alto que os do P1, P2, P3, P5, e semelhante ao maior valor de SST alcançado pelo P4 (3,85 mg/L). Porém, a vazão no canal do P6 é de 2,87 m³/s, significativamente alta se comparada à vazão do P4 (1,73 m³/s) que possui velocidade quatro vezes maior que o P6;

- o P7 apresentou os menores valores de velocidade em relação à totalidade dos canais, com média de 0,73 cm/s, porém, valores de vazão e de concentração de SST altos, respectivamente 2,15 m³/s e 3,62 mg/L, se comparados ao dos outros canais. Esses valores estão associados às características hidráulicas inerentes ao canal do P7.

Medições em campo revelaram significativo aumento da largura e profundidade dos canais em direção de jusante. Por exemplo, o canal do P2 possui largura de 86 cm, e profundidade do centro de 5,2 cm. Já o P7 apresenta largura de 10 m e profundidade de 90,2 cm.

O maior valor absoluto da vazão foi obtido para o canal do ponto P3, 15,17m³/s no período de chuva (06 de março de 2005), e também de velocidade, 56,2 cm/s, porém não apresentou maior valor de SST (6,0 mg/L), em relação aos outros canais.

No geral, notou-se o aumento da velocidade, vazão e concentração de SST entre o final do período seco (maio de 2004 a janeiro de 2005). Com o retorno das chuvas (março de 2005), registrou-se aumento dos valores das variáveis para todos os canais.

A redução dos valores de todos os parâmetros de qualidade de água pode ser explicada também pela diminuição do débito fluvial, o que pode acentuar a deposição das partículas, devido às menores turbulências e velocidade de fluxo.

Preliminarmente, pode-se inferir que a variabilidade nos valores da concentração de sólidos em suspensão total, cor e turbidez ocorreu em função do carreamento de material detrítico através do *runoff* nos diferentes períodos. Portanto, a pluviosidade é fator determinante na característica do sistema.

Comparando os maiores valores de todos os parâmetros ocorridos na época de chuva com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n. 20 de 18/08/86, que estabelece para as águas naturais o valor de 5 UNT para água tratada e potável; e para cor a Resolução CONAMA de 18/06/086 in PORTO (1991), que as águas naturais possuem cor que variam entre 0 e 200 unidades, a bacia de drenagem deste estudo apresenta uma boa qualidade de água.

REFERÊNCIAS

BELLENZANI, M. L. R. **A Área de Proteção Ambiental Municipal do Capivari-Monos como uma estratégia de proteção aos mananciais da Região Metropolitana de São Paulo**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo, PROCAM - São Paulo, 2000. 221p.

PORTO, M. F. A. **Caracterização da qualidade da água**. São Paulo: Epusp/Abrh, 1991. p.27-66.

RIBEIRO, A. G. **Observações sensíveis do tempo atmosférico**. Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos do Departamento de Geografia. Belo Horizonte, 1980. 4p.

ROSA, M. R; ROSS, J. L. Aplicação de SIG na geração de cartas de fragilidade. **Revista do departamento de geografia**, São Paulon, n.13, p.77-105, 1999.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do departamento de geografia**, São Paulo, n.8, p.63-74, 1994.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; DEERING, D. W.; SCHELL, J. A.; HARLAN, J. C. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation**. NASA/GSFC Type III Final Report, Greenbelt, 1974. 371p.